УДК 553.411.071.242.4+550.4

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ОКОЛОЖИЛЬНОГО МЕТАСОМАТИЗМА В КВАРЦЕВЫХ ДИОРИТАХ И ГРАНОДИОРИТАХ ОЧАГОВО-КУПОЛЬНОЙ ПОСТРОЙКИ КЕДРОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ). Ч. 2. Околожильные метасоматические и геохимические ореолы

И.В. Кучеренко

Томский политехнический университет
E-mail: lev@tpu.ru

Приведены новые геолого-аналитические данные, раскрывающие распределение золота и его геохимических спутников серебра и ртути в магматических породах Кедровской позднепалеозойской очагово-купольной структуры Северного Забайкалья, идентифицированных как гранодиорит и кварцевый диорит и вмещающих слабозолотоносные кварцевые жилы в обрамлении крупнообъемных метасоматических ореолов березитовой формации. Рассчитаны средние содержания в породах металлов. Распределение рудогенных элементов в междужильном пространстве подчиняется минералого-петрохимической зональности околожильных метасоматических ореолов, а слабое обогащение металлами метасоматитов тыловых зон согласуется со слабой золотоносностью кварцевых жил. Полученные результаты обсуждаются в сравнении с опубликованными материалами и оцениваются как подтверждающие ранее сделанные выводы автора.

Введение

В первой части данной статьи [1] обосновывается целесообразность дальнейшего накопления материалов, дополняющих ранее опубликованные и ориентированных на выяснение условий формирования геохимических полей в разном по составу и происхождению вмещающем золотую минерализацию субстрате с целью поисков на очередном примере вероятных источников золота и сопровождающих его металлов в процессе формирования мезотермальных месторождений. Были показаны строение, минералого-химический состав и условия образования магматических пород, слагающих ядро Кедровской позднепалеозойской зрелой очагово-купольной структуры, которые вмещают слабо золотоносные кварцевые жилы, образованные в позднепалеозойскую эпоху мезотермального рудообразования. Ниже рассмотрены минералого-петрохимические черты апомагматических околожильных метасоматических ореолов (ореола в масштабе анализируемого штока магматических пород) и распределение металлов триады (Au, Ag, Hg) в междужильном пространстве. Результаты обсуждаются в сравнительном аспекте с полученными ранее.

Содержание благородных металлов (весь массив проб) определялось атомно-абсорбционным методом (чувствительность 0,1 мг/т) в лаборатории ядерно-физических методов анализа вещества ОИГГиМ СО РАН (г. Новосибирск, аналитик В.Г. Цимбалист). По результатам внутреннего контроля (15 % от числа проб) в интервале содержаний золота 0,5...10,0 мг/т средняя относительная ошибка по разностям двойных измерений (σ) составила 23 %, в интервалах содержаний серебра 0,5...10,0 и 10,0...100,0 мг/т – соответственно 11 и 13 %. По данным внешнего контроля содержаний золота (12 % от числа проб) химико-спектральным методом (чувствительность 0,3 мг/т, ЦЛ ПГО «Читагеология») σ для интервала содержаний 0,5...10,0 мг/т составила 51 %, нейтронно-активационным методом (чувствительность 0,1 мг/т, лаборатория ядерно-физических методов анализа при ядерном реакторе Томского политехнического университета) – 23 %. Содержание ртути определялось атомно-абсорбционным методом (чувствительность 1,0 мг/т, ЦЛ ПГО «Березовгеология», г. Новосибирск) под руководством Н.А. Чарикова.

1. Минералого-петрохимическая зональность околожильных метасоматических ореолов

Как показано в [2–4, 5–11], распределение металлов в междужильном (межрудном) пространстве мезотермальных золоторудных полей Северного Забайкалья подчиняется околорудной метасоматической зональности. Этот факт принят за основу формирования выборок для расчета статистических параметров распределения рудогенных элементов, отражающих структуру геохимических полей в случаях одноэтапных эндогенных эпигенетических преобразований вмещающих рудные поля пород [2–4]. Минералого-петрохимические черты околожильных метасоматических ореолов в гранодиорите и кварцевом диорите очагово-купольной постройки Кедровского месторождения приведены и обсуждались в [6], поэтому здесь подчеркнем главное в соответствии с назначением данной статьи.

Магматические породы Кедровского штока на этапе рудообразования подверглись околожильным гидротермальным изменениям, интенсивность и минералого-химическое выражение которых упорядочены относительно золотоносных кварцевых жил и субпараллельных им или более крутопадающих оперяемых жильными структурами разломов.

В числе новообразований участвуют «сквозные» минералы (кварц, серицит, лейкоксен, карбонаты, магнетит, пирит), свойственные всему зональному метасоматическому ореолу, включающему наиболее объемную внешнюю, эпидот-хлоритовую, альбитовую, тыловую и осевую (кварцевую жилу) минералого-петрохимические зоны. Про-

странственная упорядоченность минералов этой совокупности выражается в последовательном увеличении их массы в направлении от внешних к внутренним границам каждой зоны и, следовательно, от внешней зоны к осевой в масштабе ореола.

Упорядоченное распределение минералов второй совокупности, участвующих в составе отдельных зон, – хлоритов (брунсвигита-делессита, рипидолита), эпидота, альбита, магнезиально-железистых карбонатов определяет порядок минералого-петрохимической зональности ореола. Во внешней зоне, дифференцированной на подзоны слабого, умеренного, интенсивного изменения, объем перечисленных минералов обеих совокупностей в разных соотношениях не превышает соответственно 10, 20, 30 %. В частности, на дальней периферии ореола в междужильном пространстве изменения едва намечаются в виде слабой серицитизации плагиоклазов, образования редких микрозерен кальцита, пирита. Эти явления отражены в химическом составе пород [1, табл. 1].

Внутренняя граница внешней зоны фиксируется по полному замещению хлоритами, эпидотом и другими минералами авгита, роговой обманки, биотита исходных пород, причем хлориты и эпидот становятся типоморфными в более тыловой эпидот-хлоритовой зоне мощностью до первых десятков м. Полное исчезновение (растворение) последних при нарастании степени альбитизации плагиоклазов, карбонатизации, сульфидизации знаменует переход к альбитовой зоне мощностью до первых м, а альбита – к тыловой мощностью до десятков см. Тыловая зона, сложенная серицитом, кварцем, доломитом-анкеритом с примесью рутила, лейкоксена, магнетита, пирита, апатита, кальцита, обогащена магнезиально-железистыми карбонатами сравнительно с фронтальными зонами.

Интегральный количественный показатель степени преобразований химического состава пород – удельная масса перемещенного вещества достигает в тыловой зоне 41 % против 3...4 % в эпидот-хлоритовой, демонстрируя наиболее глубокую их переработку в непосредственном обрамлении кварцевых жил. По существу минералого-химических изменений пород ореол образован в процессе калиево-сернисто-углекислотного метасоматизма, по физико-химическим и термодинамическим параметрам соразмерного режимам отложения минеральных комплексов руд [6, 12].

2. Распределение металлов в околожильном пространстве

Относительно малые объемы выборок в массиве, представляющем гранитоиды и апогранитоидные метасоматиты, обусловлены ограниченными возможностями отбора проб. Распределение металлов в породах не противоречит логнормальному закону, поэтому анализируется на основе отвечающих ему параметров и в сравнении с параметрами нормального закона. Отметим, что ведущий параметр – содержание металлов не обнаруживает закономерной зависимости от числа проб (табл. 1), – при одном их числе, например, 6, значения в выборках существенно отличаются и эти отличия определяются иной, выявленной ранее в других породах с использованием крупнообъемных выборок, закономерностью.

Таблица 1. *Оценка параметров распределения рудогенных элементов и корреляционных связей золота с рудогенными элементами в минеральных зонах околожильных метасоматических ореолов, образованных в кварцевых диоритах, гранодиоритах зрелой очагово-купольной структуры Кедровского золоторудного месторождения*

Элементы	Параметры распределения	Минеральные зоны и подзоны (число проб)				
		Внешняя		Эпидот-хлоритовая (17)	Альбитовая (20)	Тыловая (6)
		Слабого и умеренного изменения (25)	Интенсивного изменения (6)			
Au	$\overline{xg}(\overline{x})$	0,7 (0,8)	0,8 (1,0)	1,4 (1,7)	1,5 (2,3)	3,6(3,8)
	$t(s)$	1,4 (0,4)	2,1(1,1)	1,8(1,1)	2,6(2,4)	1,5(1,4)
Ag	$\overline{xg}(\overline{x})$	19,8(26,0)	27,1(28,7)	34,0(33,6)	24,7(36,8)	46,4(47,2)
	$t(s)$	1,9(27,0)	1,4(11,9)	2,4(75,6)	2,5(36,3)	1,2(9,2)
	$r(sr)$	**0,55**(0,16)	**0,93**(0,05)	0,16(0,24)	0,35(0,21)	**0,69**(0,21)
	Au/Ag	0,03	0,03	0,04	0,06	0,08
Hg	$\overline{xg}(\overline{x})$	18,0(19,3)	24,2(29,3)	17,3(17,8)	19,6(32,2)	25,7(39,3)
	$t(s)$	1,5(7,9)	2,0(19,5)	1,3(4,6)	2,3(53,2)	2,7(38,4)
	$r(sr)$	−0,15(0,23)	−0,41(0,34)	−0,04(0,24)	0,13(0,23)	**0,94**(0,05)

Примечание. $\overline{xg}(\overline{x})$ *– среднее соответственно геометрическое и арифметическое содержание, мг/т;* t *– стандартный множитель;* s *– стандартное отклонение содержаний, мг/т;* r *– коэффициент парной линейной корреляции элементов с золотом, выше уровня значимости обозначен жирным шрифтом;* sr *– стандартное отклонение коэффициента корреляции. Расчеты выполнены Н.П. Ореховым*

Минимальные содержания металлов триады, образующих в рудах сплав, свойственны породам на периферии внешней зоны околожильного метасоматического ореола (табл. 1, рис.). Содержания здесь, например, золота в единичных пробах гранодиорита и кварцевого диорита, не затронутых или едва затронутых гидротермальными преобразованиями, которые удалось отобрать, сопоставимы с содержаниями металла в более измененных породах подзоны умеренного изменения (не превышают 1,3 мг/т), поэтому две фронтальные выборки объединены в одну.

Среднее геометрическое, как и среднее арифметическое, содержание золота незначительно, но устойчиво возрастает от одной более фронтальной минералого-петрохимической зоны ореола к другой, более тыловой, достигая в собственно тыловой зоне максимальной, но весьма невысокой величины. Значимость различий средних относительно периферии ореола выдерживается в промежуточной эпидот-хлоритовой и всех тыловых зонах (табл. 2). Неравномерность распределения содержаний золота усиливается уже в подзоне интенсивного изменения внешней зоны и сохраняется на относительно высоком уровне в более тыловых зонах, исключая собственно тыловую, где она уменьшается.

Таблица 2. *Оценка значимости различий параметров логнормального распределения золота (а), серебра (б), ртути (в) (среднего арифметического и стандартного отклонения логарифмов содержаний) в минеральных зонах околожильных метасоматических ореолов, образованных в кварцевых диоритах, гранодиоритах зрелой очагово-купольной структуры Кедровского золоторудного месторождения (для 5 % уровня значимости)*

а) *t*-критерий

f-критерий	Минеральные зоны, подзоны (число проб)	Внешняя: Слабого и умеренного изменения (25)	Внешняя: Интенсивного изменения (6)	Эпидот-хлоритовая (18)	Альбитовая (20)	Тыловая (6)
Внешняя	Слабого и умеренного изменения (25)		0,2974 / 2,05	**4,6641** / 2,02	**3,4074** / 2,02	**9,5994** / 2,05
Внешняя	Интенсивного изменения (6)	**4,2093** / 3,15		**2,0822** / 2,07	1,5116 / 2,06	**4,5009** / 2,23
	Эпидот-хлоритовая (18)	**2,5440** / 2,40	1,6546 / 3,43		0,1079 / 2,02	**3,6266** / 2,07
	Альбитовая (20)	**6,7459** / 2,34	1,6026 / 6,34	**2,6517** / 2,62		**2,2437** / 2,06
	Тыловая (6)	1,0584 / 3,15	3,9770 / 7,14	2,4036 / 6,38	**6,3736** / 6,34	

б)

f-критерий	Минеральные зоны, подзоны (число проб)	Внешняя: Слабого и умеренного изменения (25)	Внешняя: Интенсивного изменения (6)	Эпидот-хлоритовая (18)	Альбитовая (19)	Тыловая (6)
Внешняя	Слабого и умеренного изменения (25)		1,1338 / 2,05	**2,3282** / 2,02	0,9374 / 2,02	**3,1496** / 2,05
Внешняя	Интенсивного изменения (6)	3,4108 / 6,27		0,6134 / 2,07	0,2454 / 2,07	**3,2377** / 2,23
	Эпидот-хлоритовая (18)	1,8423 / 2,40	6,2837 / 6,38		1,0992 / 2,03	0,8476 / 2,07
	Альбитовая (19)	1,9459 / 2,36	**6,6372** / 6,36	1,0563 / 2,65		1,6806 / 2,07
	Тыловая (6)	**9,5574** / 6,27	2,8021 / 7,14	**17,6072** / 6,38	**18,5976** / 6,36	

в)

f-критерий	Минеральные зоны, подзоны (число проб)	Внешняя: Слабого и умеренного изменения (21)	Внешняя: Интенсивного изменения (6)	Эпидот-хлоритовая (18)	Альбитовая (19)	Тыловая (6)
Внешняя	Слабого и умеренного изменения (21)		1,4040 / 2,06	0,3583 / 2,02	0,4439 / 2,02	1,3718 / 2,06
Внешняя	Интенсивного изменения (6)	**3,3944** / 3,28		1,8052 / 2,07	0,5546 / 2,06	0,1225 / 2,23
	Эпидот-хлоритовая (18)	2,4206 / 2,61	**8,2165** / 3,43		0,6169 / 2,03	1,5888 / 2,07
	Альбитовая (19)	**4,9202** / 2,48	1,4495 / 6,36	**11,9100** / 2,63		0,6623 / 2,06
	Тыловая (6)	**7,2773** / 3,28	2,1439 / 7,14	**17,6156** / 3,43	1,4791 / 3,33	

Примечание. Числа над чертой – значения расчетные, под чертой – табличные на критическом уровне, жирным шрифтом – различия значимы

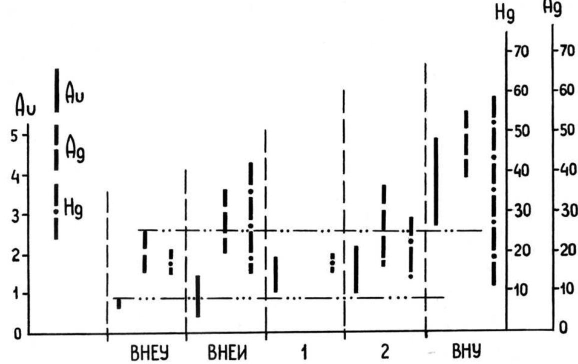


Рисунок. *Доверительные интервалы колебаний среднего геометрического содержания золота, серебра, ртути (мг/т) в минеральных зонах околожильных метасоматических ореолов, образованных в кварцевых диоритах, гранодиоритах зрелой очагово-купольной структуры Кедровского золоторудного месторождения (при 5 % уровне значимости). ВНЕУ, ВНЕИ – подзоны умеренного и интенсивного изменения внешней зоны, 1, 2, ВНУ – эпидот-хлоритовая, альбитовая и тыловая зоны*

Содержание серебра и дисперсия его распределения в ореоле повторяет в общих чертах картину распределения золота. Отличие фиксируется в альбитовой зоне в части среднего геометрического содержания, которое несколько снижается сравнительно с сопряженными эпидот-хлоритовой и тыловой зонами. В двух последних средние геометрические значимо отличаются от таковых во фронтальных и альбитовой зонах. Дисперсия распределения металла усиливается в эпидот-хлоритовой и альбитовой зонах, но существенно ослабевает, как и в случае золота, в тыловой зоне.

Распределение ртути в ореоле не согласуется с распределением благородных металлов, – не отмечается, в частности, последовательного возрастания ее содержания в направлении к тыловой (осевой) зоне. Однако существенно увеличивается неравномерность ее распределения в тыловых зонах, а в собственно тыловой зоне – и сила положительной корреляционной связи с золотом, бóльшая, чем в паре золото-серебро.

В согласии с возрастанием в ореоле в направлении к слабо золотоносным жилам содержаний золота и серебра постепенно увеличивается золото-серебряное отношение.

3. Обсуждение результатов и выводы

Известное представление о принадлежности ультраметаморфического комплекса Кедровского месторождения и его восточной периферии к архейскому субстрату Муйского выступа [13–15] не подтверждается приведенными материалами. Диагностика иных условий и времени образования вмещающих золотоносные кварцевые жилы ультраметаморфических и магматических пород, обязательная для пополнения банков геохимической информации корректными геолого-аналитическими данными, опирается на следующие факты и соображения.

Форма автономных и сравнительно небольших очагово-купольных построек не характерна для архейского фундамента. Кедровская купольная структура образована в результате переработки в режиме ультраметаморфизма и в сравнительно локальных объемах терригенных черных песчано-алевросланцев протерозойской кедровской свиты, доказательством чему служат постепенные переходы от сланцев через гнейсированные сланцы к плагиогнейсам, а далее – к плагиомигматитам и унаследовавшим повышенную основность последних гранодиориту и кварцевому диориту в ядрах построек. Уже в силу этого очевиден послеархейский возраст купольных структур. Минералого-петрохимические черты этих пород Кедровского купола существенно отличаются от таковых субстрата, слагающего Муйский выступ в составе двуполевошпатовых парагнейсов и мигматитов с лейкосомой, жилами, дайками, штоками гранита и лейкогранита ультраметаморфической выплавки [7]. Наконец, судя по результатам радиологических определений [1], Кедровская купольная структура образована в позднепалеозойскую эпоху. С учетом этих фактов, в частности, следует вывод о формировании Тулдуньского прогиба не посредством дробления Муйского выступа, а в его юго-восточном обрамлении.

Ультраметаморфизм в Тулдуньском прогибе и на его восточной периферии совпадает с началом грандиозных процессов гранитообразования, охвативших все континенты планеты в герцинскую эпоху. В Забайкалье в результате этих процессов образован гигантский Ангаро-Витимский батолит, который В.А. Обручев считал «древним теменем Азии» и молодой позднекарбоновый возраст которого стал очевиден сравнительно недавно [16–18]. Пространственная и временна́я близость батолита и Кедровской очагово-купольной постройки в северном его обрамлении служит признаком того, что последняя обязана своим происхождением этим грандиозным процессам.

При низкой степени золотоносности Баргузинских жил (первые г/т, до многих г/т в локальных участках) метасоматическое их обрамление в гранитоидах, как и в других породах и рудных полях в аналогичных ситуациях [2, 3, 5, 7–11], получило полное развитие – глубокую гидротермальную переработку исходных пород в тыловых зонах при стандартной для березитовой формации минералого–петрохимической зональности крупнообъемных околожильных метасоматических ореолов. Вместе с тем, в приведенном материале находит подтверждение тот факт, что степень золотоносности метасоматитов, в том числе в тыловых зонах, не зависит от глубины метасоматической переработки пород, но определяется уровнем металлоносности жил – березиты в обрамлении рудных столбов или участков жил с промышленными содержаниями обогащены металлами [7, 19 и др.], в обрамлении слабо золотоносных участков или жил не отличаются высокими содержаниями [9, 10 и др.]. Но во всех случаях, даже на околокларковых уровнях содержаний рудогенных элементов в ореолах, распределение их демонстрирует приверженность описанной ранее закономерности [2–11, 19]. Закономерность заключается в том, что распределение, в частности, золота и его постоянных в рудах мезотермальных месторождений спутников – серебра и ртути подчиняется околожильной (околорудной) минералого-петрохимической зональности.

В приведенном примере одноэтапных эпигенетических преобразований гранодиорита и кварцевого диорита содержание в свежих и слабо измененных породах анализируемых металлов отвечает их местным кларкам, поскольку отсутствуют признаки воздействия на породы гидротермальных растворов, способных стимулировать миграцию металлов. Стабильное, но слабое возрастание содержаний золота и серебра, равно как и Au-Ag – отношения в метасоматитах в направлении к кварцевым жилам согласуется, как отмечалось, со слабой золотоносностью последних и обычно с повышенной даже в слабозолотоносных минеральных комплексах жил величиной этого отношения.

Ртуть, как известно, обнаруживает тесные геохимические и металлогенические связи с золотом, образуя с ним и серебром природный сплав при содержании ее в золоте мезотермальных месторождений от десятых долей до десятков %. В связи с этим допускается даже доставка металлоносными флюидами из очагов генерации в блоки рудообразования благородных металлов в форме газовой при высоких температурах амальгамы, обладающей в этих температурных режимах высокой подвижностью [20]. Распределение ртути в околорудном пространстве подчиняется той же закономерности, – она обогащает руды и сопряженные березиты предпочтительно в рудных столбах и их обрамлении, и особенно, подобно титану и фосфору, вблизи растворонодводящих глубинных разломов и оперяющих их структур [5, 21]. В рассмотренном случае отсутствие ее аномалий в березитах объясняется слабой золотоносностью кварцевых жил.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кучеренко И.В. Геохимические черты околожильного метасоматизма в кварцевых диоритах и гранодиоритах очагово-купольной постройки Кедровского золоторудного месторождения. Часть 1. Условия залегания и идентификация магматических пород // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 2. – С. 41–45.
2. Кучеренко И.В. К методике формирования выборок для расчета статистических параметров распределения и баланса химических элементов в околорудном пространстве гидротермальных месторождений золота // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 2. – С. 23–30.
3. Кучеренко И.В. Петрогеохимические особенности рудообразования в сланцевых толщах // Разведка и охрана недр. – 1986. – № 12. – С. 24–28.
4. Кучеренко И.В. Методические аспекты геохимических исследований в терригенных углеродистых сланцевых толщах // Теория и практика геохимических поисков в современных

условиях: Тез. докл. IV Всесоюз. совещ., г. Ужгород, октябрь 1988 г. – Т. 2. –М.: ИМГРЭ, 1988. – С. 58–59.

5. Кучеренко И.В., Орехов Н.П. Золото, серебро, ртуть в золотоносных апогнейсовых и апосланцевых околорудных метасоматических ореолах березитовой формации // Известия Томского политехнического университета. – 2000. – Т. 303. – № 1. – С. 161–169.
6. Кучеренко И.В. Околорудный метасоматизм как критерий генетической однородности мезотермальных золотых месторождений, образованных в черносланцевом и несланцевом субстрате // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 1. – С. 9–15.
7. Кучеренко И.В. Сингенез околорудных метасоматических и геохимических ореолов в мезотермальных месторождениях золота // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 3. – С. 22–28.
8. Кучеренко И.В. Геохимические аномалии благородных металлов как составная часть околорудных метасоматических ореолов в мезотермальных месторождениях золота // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 4. – С. 25–32.
9. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические и геохимические черты гидротермального метасоматизма в метаморфических толщах черных сланцев // Петрология магматических и метаморфических комплексов: Матер. Всеросс. петрографич. конф., г. Томск, 24–26 ноября 2005 г. – Томск: ЦНТИ, 2005. – С. 263–267.
10. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические и геохимические черты околорудного метасоматизма в Западном золоторудном месторождении (Северное Забайкалье) // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 5. – С. 32–40.
11. Кучеренко И.В. К проблеме идентификации минеральных ассоциаций регионального метаморфизма и околорудного метасоматизма в мезотермальных месторождениях золота // Известия Томского политехнического университета. – 2005. – Т. 308. – № 6. – С. 44–52.
12. Ляхов Ю.В., Попивняк И.В. О физико-химических условиях развития золотого оруденения Северной Бурятии // Известия АН СССР. Сер. геологич. – 1977. – № 6.– С. 9–18.
13. Булгатов А.Н. Байкалиды и ранние каледониды Средне-Витимской горной страны // Геология и геофизика. – 1974. – № 10. – С. 50–57.
14. Арсентьев В.П., Митрофанов Г.Л., Мордовская Т.В. Саяно-Байкальский складчатый пояс // Докембрий континентов. Складчатые области и молодые платформы Восточной Европы и Азии. – Новосибирск: Наука, 1978. – С. 65–110.
15. Алтухов Е.Н. Докембрийская тектоника и металлогеническая зональность Центральной Азии. – М.: Недра, 1980. – 224 с.
16. Неймарк Л.А., Рыцк Е.Ю., Ризванова Н.Г. Герцинский возраст и докембрийский коровый протолит баргузинских гранитоидов Ангаро-Витимского батолита: U–Pb и Sm–Nd изотопные свидетельства // Доклады РАН. – 1993. –Т. 331. – № 6. – С. 726–729.
17. Будников С.В., Коваленко В.И., Антипин В.С. и др. Новые данные о возрасте гранитоидов витимканского комплекса (Ангаро-Витимский батолит) // Доклады РАН. – 1997. – Т. 353. – № 3. – С. 375–378.
18. Будников С.В., Коваленко В.И., Ярмолюк В.В. и др. Новые данные о возрасте баргузинского гранитоидного комплекса Ангаро-Витимского батолита //Доклады РАН. – 1995. – Т. 344. – № 3. – С. 377–380.
19. Кучеренко И.В. Минералого-петрохимические и геохимические черты околорудного метасоматизма в жильных породах золотопродуцирующих флюидно-магматических комплексов // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 1. – С. 24–32.
20. Нарсеев В.А., Яновский В.М. Геохимия золота: от В.И. Вернадского до наших дней // Советская геология. – 1988. – № 5. – С. 13–17.
21. Кучеренко И.В. О фосфор-магний-титановой специализации золотоносных березитов // Доклады АН СССР. – 1987. – Т. 293. – № 2. – С. 444–447.

УДК 553.311